

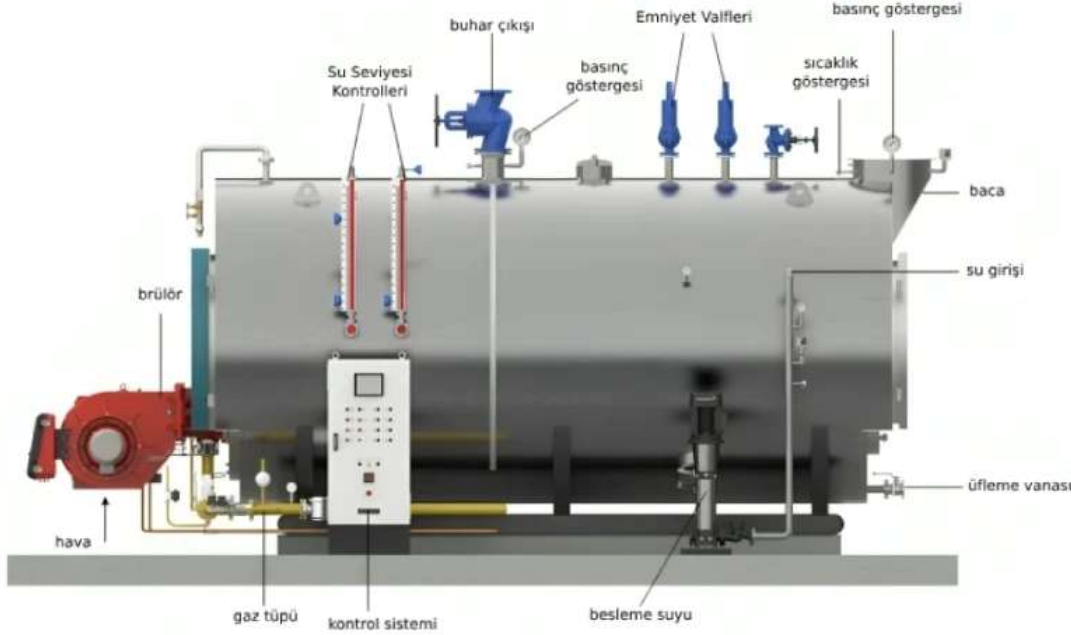
Sıcak Su, Kızgın Su ve Buhar Tesisatları – Teknik Bilgilendirme Kitapçığı

İÇİNDEKİLER

Temel sistem şemaları	2
Çalışma prensipleri	4
Tesisat komponentleri	5
İşletme esasları ve doğru kullanım ipuçları	8
Periyodik bakım gereklilikleri ve kontrol listeleri	10
Enerji verimliliği uygulamaları ve yaygın arıza örnekleri	12
Emniyet ve mevzuat bilgileri	16
Kaynaklar	18

Bu kitapçık, yeni mühendisler, teknisyenler, tesis yöneticileri ve kazan operatörleri için sıcak su, kızgın su ve buhar tesisatlarının temel prensiplerini ve uygulamalarını anlaşılır bir dille açıklamayı amaçlar. Hem teorik bilgileri hem de pratik işletme ve bakım ipuçlarını içeren bu rehber, tesisat şemalarından komponent tanıtımına, doğru kullanım ve bakım esaslarından enerji verimliliği ile emniyet kurallarına kadar kapsamlı bir içerik sunar. Gerekğinde tablolar ve şematik çizimlerle desteklenen bilgiler, teknik bilgilendirme ve eğitim dokümanı olarak kullanılmak üzere derlenmiştir.

1. Temel Sistem Şemaları (Kazan ve Tesisat Bağlantı Yapıları)



Şekil 1: Tipik bir silindirik **buhar kazanı** ve temel bileşenlerinin şematik gösterimi. Bu çizimde brülör, kazan gövdesi, su seviye göstergeleri, emniyet valfleri, basınç ve sıcaklık göstergeleri, baca, besi suyu girişi ve üfleme vanası gibi ana kısımlar etiketlenmiştir. Buhar kazanında su, yakıtın yanmasıyla ısıtılıp buhara dönüştürülür; oluşan buhar üst kısımdaki buhar çıkış ağzından tesisata gönderilir. Emniyet valfleri kazandaki aşırı basıncı tahliye etmek üzere üst kısımda yer alır, su seviyesi kontrol cihazları ise kazan içindeki su seviyesini sürekli izler. Kazanın alt kısmında tortu ve çamuru atmak için kullanılan üfleme (blöf) vanası bulunur; bu da düzenli bakım amacıyla kazan suyunun kontrollü şekilde boşaltılmasını sağlar.

Sıcak Su Sistemleri: Sıcak su kazanları, genellikle **kapalı devre** çalışan ısıtma sistemlerinin kalbidir. Yakıtın yanmasıyla ısıtılan su, pompalar yardımıyla borular üzerinden tesisatın kullanım noktalarına (radyatör, fan-coil veya ısı eşanjörlerine) gönderilir ve ısınıp bıraktıktan sonra dönüş hattından kazana geri döner^[1]. Sirkülasyon pompası, suyun sürekli dolaşımını sağlayarak her noktada istenen sıcaklığın ulaşmasına hizmet eder. Sistemde su ısınınca genleşeceği için bir **genleşme tankı** bulunur; bu tank açık tip (atmosfere açık, sistemin en yüksek noktasına yerleştirilen) veya kapalı tip membranlı genleşme deposu olabilir. Genleşme deposu, ısınan sudan kaynaklı basınç dalgalanmalarını dengeleyerek tesisatın emniyetini sağlar. Sıcak su sistemlerinde tipik işletme sıcaklıkları 60-90°C aralığındadır; suyun kaynamaması için kapalı genleşmeli sistemlerde basınç genellikle birkaç bar seviyesinde tutulur. Örneğin, bina ısıtma

sistemleri TS EN 12828 ve ilgili standartlara göre en fazla ~110°C sıcaklık ve 6 bar basınca göre tasarlanır[2][3].

Kızgın Su Sistemleri: Kızgın su, 100°C üzerinde sıcaklığa sahip yüksek basınçlı sıcak suyu ifade eder. **Kızgın su kazanları**, suyu yüksek sıcaklıklara kadar ısıtarak endüstriyel proseslere veya geniş ölçekli ısıtma ihtiyaçlarına uygun sıcak su üretir[4][5]. Bu sistemlerin bağlantı yapısı, sıcak su sistemlerine benzer şekilde kapalı devre olup, ancak daha yüksek basınçta çalışır. Kızgın su tesisatında kazan çıkışından alınan çok sıcak su, proses ekipmanlarına veya ısı değiştiricilere gönderilir; soğuyarak dönüş hattından kazan besleme girişine gelir. **Sirkülasyon pompaları**, yüksek sıcaklıktaki suyu devrede dolaştırmak için yeterli basınç kapasitesine sahip olmalıdır. Kızgın su sistemleri mutlaka kapalı genleşme tankı ile donatılır ve emniyet ekipmanları yüksek basınç koşullarına uygun seçilir. Bu sayede suyun kaynaması önlenerek 120-180°C gibi sıcaklıklarda sıvı fazda taşınması mümkün olur. Özetle, kızgın su tesisatı, sıcak su tesisatının yüksek basınçlı ve sıcaklıklı bir versiyonudur ve borulama ile ekipman seçimleri buna göre yapılır (örn. PN25, PN40 basınç sınıfı vanalar kullanılır). Bu sistemler endüstride kimya, tekstil, kağıt gibi sektörlerde veya büyük binaların bölgesel ısıtma sistemlerinde tercih edilir[6].

Buhar Sistemleri: Buhar tesisatları, kazanda üretilen buharı borular yardımıyla kullanım noktalarına ileten sistemlerdir[7]. Bir buhar kazanında su ısıtılarak buhar fazına geçirilir ve oluşan **doymuş buhar**, kazan çıkışındaki ana buhar hattına kontrollü şekilde verilir. Buhar hatları genellikle **ana dağıtım hattı** ve daha küçük çaplı branşmanlardan oluşur; ana hat kazandan çıkan buharı ana üretim veya kullanım bölgelerine taşır, branşmanlar ise buharı spesifik ekipman veya süreçlere yönlendirir[7]. Buhar kendi basıncı ile akışını sağlar (pompa gerekmez); ancak hatların başlangıçta soğuk olması nedeniyle, buhar vanası yavaş yavaş açılarak hatlar kademeli olarak ısıtılmalıdır[8]. Aksi takdirde buhar hızla soğuyup yoğunlaşarak kondens oluşturabilir. **Buhar tesisatının** karakteristik bir özelliği, hatta oluşan yoğunlaşmış suyun (kondens) sürekli uzaklaştırılması ve tekrar sisteme kazandırılmasıdır. Bunun için dağıtım hattının uygun eğimle döşenmesi, belirli aralıklarla kondens cepleri ve **kondenstop** (buhar kapalı) cihazlarının yerleştirilmesi gerekir[9][10]. Kullanım noktalarında (örneğin ısı eşanjörleri, sterilizatörler, proses tankları vb.) buhar, ısınıp vererek yoğunlaşır ve **kondensat** halinde tesisattan geri döner. Buhar kazanı sistemlerinde genelde kondens suyu doğrudan kazana basılmaz; bunun yerine bir **kondens tankı** veya **deaeratrör (degazör)** ünitesinde toplanır. Kondens tankında biriken su, besleme suyu pompası ile tekrar kazana gönderilmeden önce degazörde gazlarından arındırılır (oksijen ve karbondioksitin uzaklaştırılması) ve yeterli sıcaklığa kadar ısıtılır[11][12]. Böylece suyun tekrar buharlaşma süreci verimli hale getirilir. Buhar tesisatı şemasının temel bileşenleri; buhar kazanı, buhar dağıtım boruları, vanalar, buhar kapanları (kondenstoplar), kondens geri dönüş hattı ve tankı, besleme suyu pompası ve degazör gibi parçalardır[13]. Sonuç itibarıyla, buhar sistemleri, üretilen buharı gerekli basınç ve debide güvenli şekilde taşımayı ve kondensi geri kazanarak enerji verimliliğini artırmayı hedefleyen özel tesisatlardır.

2. Çalışma Prensipleri (Sıcak Su, Kızgın Su ve Buhar Sistemleri)

Sıcak Su Sistemi Çalışma Prensipleri: Sıcak su kazanları, suyu kaynama noktasının altında bir sıcaklığa kadar ısıtarak kapalı devrede dolaştırırlar. Kazan içerisindeki su, **brülör** vasıtasıyla yakılan yakıtın enerjisi ile ısıtılır. Örneğin doğal gaz veya fuel-oil yakıtlı bir kalorifer kazanında, yanma odasında oluşan sıcak gazlar kazan içindeki suyu ısıtır; suyun sıcaklığı istenen işletme değerine (örn. 80-90°C) ulaştığında, sirkülasyon pompası yardımıyla tesisata gönderilir. Su ısıtma sistemlerinde **kaynama** olmadığından, sistem basıncı genellikle atmosfer basıncının biraz üzerindedir (kapalı genleşme depolu sistemlerde 1-3 bar gibi). Isınan su radyatörler veya ısıtıcılar içerisinde dolaşır ortam ısınıp yükselttikten sonra soğuyarak kazana geri döner ve yeniden ısıtılır. Bu çevrim sırasında suyun hava ile temas etmemesi (kapalı devre) korozyonun kontrolü açısından önemlidir. Sıcak su kazanlarının önemli bir özelliği, **yoğuşmalı** veya yoğuşmasız tipte olabilmeleridir. Yoğuşmalı kazanlarda, yanma gazlarındaki su buharı yoğuşturularak gizli ısı geri kazanılır ve verim %90'ların üzerine çıkabilir; yoğuşmasızlarda ise bu enerji bacadan kaybedilir[14][15]. Her iki durumda da çalışma mantığı suyu ısıtarak dolaştırma esasına dayanır ve istenen sıcaklık, kazan termostatu (aquastat) ile kontrol edilir. **Not:** Sıcak su kazanları genellikle TS EN 303 serisi standartlara uygun olarak üretilir; örneğin gaz yakıtlı kalorifer kazanları TS EN 303-3 standardına tabidir[16].

Kızgın Su Sistemi Çalışma Prensipleri: Kızgın su kazanlarının çalışma prensibi, sıcak su kazanlarına benzer olmakla birlikte suyu daha yüksek sıcaklık ve basınçta tutmaya odaklanır. Kızgın su kazanında **yakıt beslemesi** (katı yakıt, sıvı veya gaz yakıt) brülör aracılığıyla sağlanır, yakıt kazan içindeki yanma odasında yakılır[17]. Yanma sonucu oluşan yüksek sıcaklıktaki alev ve duman gazları, kazan içerisindeki **ısı transfer yüzeyleri** ile temas ederek suyu ısıtır. Atmosfer basıncının üzerinde bir basınç altında tutulan su, 100°C üstüne çıkmasına rağmen sıvı halde kalır (kaynamaz). Isınan su üst bölgelerde toplanarak tesisata **kızgın su** olarak gönderilir[18]. Bu su, kullanım noktalarında (örneğin endüstriyel ısı değiştiriciler, reaktör ceketleri, merkezi ısıtma ara eşanjörleri vb.) dolaşır ısınıp aktarır ve dönüş hattından soğuyarak kazana döner. Kızgın su sistemlerinde pompa, suyu dolaştırmaya devam eder ve sistem kapalı devre olarak çalışır. Yüksek sıcaklıklar nedeniyle kazanın ve boru sisteminin güvenliği açısından **emniyet ventilleri** yüksek basınç ayarına sahip olarak bulunur, ayrıca suyun kaynama riskine karşı işletme basıncı sürekli kontrol edilir. Özetle, kızgın su sistemi de yakıtın yanmasıyla suya ısı transferi ilkesine dayanır; farkı, suyun çok daha yüksek sıcaklıklarda, basınç altında dolaştırılmasıdır. Bu sayede buhar kullanmadan, yüksek sıcaklıkta ısı enerjisi transferi gerçekleştirilir. Kızgın su kazanları, doğru kullanıldığında buhar kazanlarına kıyasla bazı avantajlar sunar: pompa ile dolaşım sağlandığı için uzak mesafelere ısı transferi mümkün olur ve kondensle ilgili kayıplar olmaz, ancak sistem komple yüksek basınca dayanıklı olmalıdır.

Buhar Sistemi Çalışma Prensipleri: Buhar kazanlarının çalışma mantığı, suyun ısıtarak buhar fazına dönüştürülmesi esasına dayanır. **Buhar kazanı çalışma prensibi** özetle şu şekildedir: Kazan içindeki su belirli bir seviyeye kadar doldurulur ve kazan basınçlı kap olarak kapatılır. Yakıt, kazan yanma odasında brülör vasıtasıyla yakılır; ortaya çıkan ısı enerjisi kazan içerisindeki suyu kaynama noktasına getirir[19]. Su, belirli bir sıcaklık ve

basınç seviyesini aştığında kaynar ve yoğun buhar üretimi başlar. Elde edilen buhar, istenen basınca ulaştığında, kazan çıkışındaki vanalar aracılığıyla tesisata verilir. Buhar kazanlarında oluşan atık gazlar (duman gazları), genellikle bir ekonomizer veya filtre sisteminden geçirildikten sonra bacadan atmosfere atılır[20]. Buharın üretildiği basınca göre kazanlar düşük basınçlı (ör. 1-5 bar arası) veya yüksek basınçlı (>10 bar gibi) olabilir; bu da kullanılan malzeme ve tasarımın basınç dayanımını belirler. Buhar sisteminin önemli bir parçası **kondens dönüşüdür**: Buhar, tesisatta iş gördükten sonra yoğunlaşarak suya dönüşür; bu sıcak kondens suyu bir depoda toplanıp besi suyu pompasıyla tekrar kazana basılır. Modern buhar sistemlerinde kazandan çıkan doymuş buhar, ihtiyaç halinde **süper ısıtıcı** adı verilen ısıtıcılardan geçirilerek kızgın buhar elde edilebilir – bu, buharın sıcaklığını doygunluk noktasının üzerine çıkararak daha yüksek entalpi ve kuru buhar elde etmeyi sağlar[21]. Sonuçta buhar kazanı prensibinde, **enerji transferi için faz değişimi** kullanılmış olur: Su → buhar dönüşümü ile yüksek miktarda ısı enerjisi taşınabilir hale gelir. Sistemin emniyeti için su seviyesinin sürekli izlenmesi, basıncın güvenli sınırdan tutulması (presostatlar ile) ve emniyet ventilinin aşırı basınçta açılarak buharı tahliye etmesi sağlanır.

3. Tesisat Komponentlerinin Tanıtımı ve Görevleri

Bir sıcak su veya buhar tesisatının güvenli ve verimli çalışması, sistemdeki tüm ekipman ve komponentlerin doğru seçimine ve çalışmasına bağlıdır. Aşağıda **tüm tesisat komponentlerinin** önemli örnekleri tanıtılarak görevleri özetlenmiştir:

- **Brülör:** Kazan sisteminin yakıcı ünitesidir. Görevi, yakıtı kontrollü şekilde hava ile karıştırarak yanmayı başlatmak ve sürdürmektir. Brülör, gaz, sıvı yakıt (fuel-oil, motorin) veya toz/katı yakıt uygun oranlarda oksijenle buluşturarak kararlı bir alev oluşmasını sağlar[22]. Böylece kazan içinde suyu ısıtmak için gereken ısı enerjisi üretilir. Brülörün doğru tasarımı ve ayarı, yanma verimini ve üretilen ısıya kararlılığını belirler; yanlış ayarlı veya kirli bir brülör yakıt sarfiyatını artırır ve verimi düşürür. Modern brülörler ateşleme sistemleri, alev izleme (fotodiyot veya UV sensörler) ve otomatik kontrol donanımlarıyla birlikte gelir.
- **Yanma Odası (Külhan):** Kazan gövdesi içinde brülör alevinin temas ettiği ve yanmanın gerçekleştiği bölümdür. Yanma odasının iç yüzeyleri su ile çevrilidir; brülörün oluşturduğu alev ve sıcak gazlar bu yüzeylere ısı transfer ederek suyu ısıtır. Yanma odası tasarımı, alevin kazan borularına veya duvarlarına doğrudan çarpmadan tamamen yanmasını sağlamalıdır[23]. Katı yakıtlı kazanlarda yanma odasında ızgara veya mekanik yakıt besleyiciler bulunabilir. Yanma odası ayrıca refrakter malzemelerle kaplanarak yüksek sıcaklığa dayanıklı hale getirilir.
- **Kazan Gövdesi ve Isı Transfer Yüzeyleri:** Kazanın ana gövdesi çelikten imal edilmiş basınçlı kaptır. Sıcak su ve buhar kazanlarında ısı transferi ya **duman boruları** (ateş borulu kazan) ile ya da **su boruları** ile gerçekleşir. Ateş borulu kazanlarda sıcak gazlar boruların içinden geçerken dışları su ile çevrilidir; su borulu kazanlarda ise su boruların içinde dolaşır ve dışından alev gazları geçer[24]. Her iki tasarımda da amaç, yanma gazlarının ısını mümkün olduğunca suya aktarmaktır. Kazan

içerisinde su bölgesi ve buhar bölgesi (buhar cephesi) bulunur; su borulu kazanlar yüksek basınçlarda çalışmaya daha uygunken, alev borulu kazanlar orta ve düşük basınçlarda sık kullanılır[25][26].

- **Pompa (Devirdaim ve Besi Suyu Pompaları): Sirkülasyon pompası**, sıcak/kızgın su sistemlerinde suyu tesisat dolaşımına zorlayan elemandır. Isıtılan suyu tesisata göndermek ve soğuyan suyu kazana geri getirmek için sürekli çalışır. **Besi suyu pompası** ise buhar kazanlarında, buharlaşma ile eksilen suyu kazana basmak için kullanılır. Kondens tankında veya degazörde toplanan besleme suyunu alarak kazan basıncına karşı kazana pompalar[27]. Besi pompalarının, kazanın çalışma basıncını karşılayacak güçte olması kritik önemdedir. Pompa arızaları durumunda kazan susuz kalabilir, bu yüzden bu ekipmanlar yedekli veya güvenilir seçilir. Ayrıca pompa çıkışlarında çek valf (tek yönlü klape) bulunur, böylece kazandaki basınçlı su geriye kaçmaz.
- **Vana ve Armatürler:** Tesisat üzerinde çeşitli tipte **vanalar** bulunur. **Küresel veya sürgülü vanalar**, hatlarda akışı açıp kapamak (izolasyon amacıyla) kullanılır. **Kontrol vanaları** (üç yollu karışım vanaları, basınç kırıcı vanalar vb.), akışkanın debisini veya basıncını kontrol ederek sistemin dengeli çalışmasını sağlar. Örneğin buhar sistemlerinde **basınç düşürücü vana**, buharı istenen daha düşük bir basınca indirerek proses ekipmanını korur[28]. **Çek valfler (tek yönlü vanalar)**, akışın tek yönde olmasını temin ederek geri akışı önler (özellikle pompaların çıkışında, kondens ve besi hatlarında önemlidir). **Üç yollu vanalar**, sıcak su sistemlerinde karışım yaparak dönüş suyunu sıcak suyla karıştırıp istenen sıcaklıkta su dağıtımını sağlar. Bütün vanaların milleri ve bağlantı noktaları, bakım sırasında sızdırmazlık ve işlevsellik açısından kontrol edilmelidir.
- **Emniyet Ventili (Emniyet Vanası):** Kazan ve tesisatların en önemli güvenlik ekipmanıdır. Görevi, sistem basıncı izin verilen maksimum değeri aştığında otomatik olarak açılarak buharı veya suyu dışarı tahliye etmektir[29]. Böylece basıncın tehlikeli düzeye çıkması engellenir ve patlama riski önlenir. Emniyet ventilleri, yay yüklemeli veya ağırlık kollu tipte olabilir. Buhar kazanlarında genellikle en az iki adet emniyet ventili bulunması zorunludur (biri arıza yaparsa diğerinin devreye girmesi için)[30]. Emniyet ventilinin açma basıncı, kazan işletme basıncının biraz üzerinde (örneğin %10 üzerinde) ayarlanır ve kapandıktan sonra sızdırmaması gerekir[31]. Bu valflerin düzenli periyodik kontrollerde test edilmesi, sıkışmamasının ve doğru basınçta açığının doğrulanması gerekir.
- **Kondenstop (Buhar Kapanı):** Buhar tesisatlarında buharın içindeki kondensi (yoğuşmuş suyu) ve havası ayrıştırıp boşaltan özel valflerdir. Kondenstop, **kondens suyu ile buharı ayırt eden** ve suyu tahliye ederken buharı hapseden bir tuzak gibi çalışır. Görevi, kullanım noktasında veya boru hatlarında oluşan kondensi sistemden atarak hattın sadece buhar ile dolu kalmasını sağlamaktır[32]. Farklı tipleri vardır: termostatik (sıcaklık farkıyla çalışan), termodinamik (basınç ve hız farkıyla çalışan) ve şamandıralı (mekanik) kondenstoplar yaygın olarak kullanılır[33].

Doğru çalışan bir buhar kapalı, kondensi anında uzaklaştırarak borularda su birikimini ve buna bağlı **su darbesi (koç darbesi)** riskini önler[34]. Ayrıca sistem verimliliği artar çünkü kondens birikmez ve radyasyon kayıpları azalır. Kondensstopların periyodik bakımı yapılarak tıkanma veya buhar kaçırma (şerbetleme) sorunları giderilmelidir.

- **Degazör (Deaerator):** Özellikle buhar kazanı sistemlerinde bulunan degazör tankı, kazan besleme suyundaki istenmeyen gazları (özellikle oksijen ve karbondioksiti) sudan uzaklaştırmak için kullanılır. **Oksijen** ve **CO₂** gazları suda çözündüğünde korozyona yol açar; degazör bu gazları ayrıştırarak kazan ömrünü uzatır[35]. Degazör tankı içinde, sıcak buhar ile besi suyu karşılaştırılır: Besi suyu ince dağıtıcılarla spreyleme veya tepsi sistemiyle tankın üst tarafından girerken alttan verilen düşük basınçlı buhar suyu ısıtır. Sıcaklık arttıkça suyun içindeki gazların çözünürlüğü azalır ve buhar kabarcıkları bu gazları sürükleyerek tankın üstünden havaya atar[11]. Sonuçta, yaklaşık kaynama sıcaklığına (100°C civarı) ısıtılmış ve gazlardan arınmış besi suyu degazörün altında toplanır ve **besi suyu pompası** ile kazana gönderilir. Degazör aynı zamanda bir **besi suyu tankı** işlevi görür ve kondens suyu ile kimyasal arıtılmış besi suyunu karıştırıp şartlandırır. Genellikle degazörler yüksekte konumlandırılır; bu sayede pompa emişinde pozitif emme basıncı sağlanarak kavitasyon önlenir[36].
- **Kontrol ve Emniyet Enstrümanları:** Tesisatın güvenli işletimi için çeşitli ölçüm ve kontrol cihazları kullanılır. **Su seviye göstergeleri** (cam göstergeler veya elektronik seviye problemleri), kazan içindeki su seviyesini operatöre görsel olarak gösterir. **Seviye kontrolörü**, belirlenen yüksek veya düşük su seviyelerinde pompa ve brülörü durdurup çalıştırarak su seviyesini otomatik dengeler[37][38]. Örneğin seviye çok düşünce (low-low) brülörü ve pompayı kapatıp alarm verir; su seviyesi normale dönene dek kazana yakıt girişi engellenir. **Basınç göstergeleri (manometreler)**, kazan ve hatların iç basıncını anlık izlemeyi sağlar; manometreler genellikle gliserin dolguolu olur ve çalışma basıncının yaklaşık 2 katı skalada seçilir[39]. **Termometreler**, su gidiş-dönüş sıcaklıklarını veya buhar sıcaklığını göstererek operatöre bilgi verir. **Presostatlar (basınç şalterleri)**, buhar kazanlarında istenen basıncı otomatik korumak için kullanılır; ayarlanan üst basınca gelince brülörü durdurur, basınç düşünce yeniden çalıştırır[40]. **Alev kontrol sensörleri**, brülörde alevin varlığını denetler ve sönme durumunda yakıt akışını kesip alarm verir. **Acil durdurma (EMO) butonu**, operatörün acil durumda sistemi durdurmasını sağlar. Tüm bu enstrümanlar birlikte, kazan ve tesisatın güvenli ve otomatik çalışmasına hizmet eder.
- **Baca ve Duman Kanalı:** Kazan dairesindeki kazanların yanma gazlarını atmosfere güvenli şekilde atmak için tasarlanmış bacalar, sistemin önemli bir parçasıdır. Baca, uygun malzemeden yapılmalı ve yeterli yüksekliğe sahip olmalıdır. **Baca gazı** içinde hala ısı potansiyeli varsa, kazan çıkışına bir **ekonomizer** konularak besi suyu ısıtılabilir ve atık ısı geri kazanılabilir[41]. Bacada iyi bir çekiş, yanma verimi için kritiktir; bu yüzden bacanın kesiti ve yüksekliği hesaplanırken kazan kapasitesi ve

yakıt cinsi göz önüne alınır. Ayrıca gürültü kontrolü için baca susturucuları, emisyon kontrolü için filtre veya baca gazı arıtma cihazları kullanılabilir. Baca sisteminin periyodik temizliği (kurum ve is birikiminin giderilmesi) ve baca gazı analizlerinin yapılması, güvenli ve verimli yanma için gereklidir[42].

Yukarıda sayılan bileşenler dışında, kazan dairelerinde **su yumuşatma üniteleri, kimyasal dozaj sistemleri, seviye alarm cihazları, yangın algılama ve gaz kaçak dedektörleri** gibi yardımcı ekipmanlar da bulunabilir. Tüm komponentlerin doğru çalışması, birbirleriyle uyumlu şekilde kontrol edilmesi ve standartlara uygun özellikte olması, tesisatın güvenli işletimi için zorunludur.

4. İşletme Esasları ve Doğru Kullanım İpuçları

Bir kazan ve ısıtma tesisatının **doğru işletilmesi**, hem güvenlik hem de verimlilik açısından kritiktir. Aşağıda günlük işletme esasları ve doğru kullanım için kritik ipuçları sıralanmıştır:

- **Devreye Alma Öncesi Kontroller:** Kazanı çalıştırmadan önce mutlaka su seviyesini ve basıncı kontrol edin. **Kazan asla susuz çalıştırılmamalıdır** – eğer kazan içinde yeterli su yoksa, brülörü kesinlikle çalıştırmayın[43]. Buhar kazanlarında su seviye göstergelerinden uygun seviye görülmeli; sıcak su kazanlarında tesisatın tamamen su ile dolu olduğundan ve genleşme tankının doğru seviyede bulunduğundan emin olunmalıdır. Yakıt vanalarının açık, pompaların ve fanların hazır durumda olması gerekir. Elektrik panosu üzerinde arıza veya ikaz lambası bulunmadığını kontrol edin.
- **Güvenli Ateşleme ve Isıtma:** Kazan brülörünü çalıştırırken üretici talimatlarına göre önce fan purj işlemi yaparak yanma odasındaki gazların temizlenmesini sağlayın. Özellikle gaz yakıtlı kazanlarda **ateşleme öncesi havalandırma** hayattır. Brülör devreye girince alev oluşumunu **alev gözü** veya kontrol panelinden teyit edin; başarısız ateşleme durumunda yakıt girişini keserek sistemi resetleyip bir süre havalandırdıktan sonra tekrar deneyin. Katı yakıtlı kazanlarda ilk ateşlemeyi yaparken küçük bir odun/kömür ateşi ile yavaş ısıtma sağlamak önemlidir. **Hızlı sıcaklık yükselişlerinden kaçının;** kazanı ve tesisat borularını kademeli olarak ısıtın. Özellikle buhar sistemlerinde, ana buhar vanasını çok yavaş şekilde açarak hatların yavaşça ısınmasını sağlayın[8]. Ani buhar verildiğinde soğuk borular içinde yoğun kondens oluşup **su darbesine** yol açabilir. Yavaş ısıtma, malzemelerin termal genleşmesini kontrollü hale getirir ve gerilmeleri azaltır.
- **Düzenli Gözlem ve Parametre Kontrolü:** Kazan çalışırken belirli aralıklarla kritik göstergeleri okuyun: Sıcak su sistemlerinde gidiş ve dönüş suyu sıcaklıkları, buhar kazanlarında basınç ve su seviyesi sürekli izlenmelidir. Çalışma basıncı, kazan için belirlenmiş emniyet sınırının altında tutulmalıdır (örneğin işletme basıncı 8 bar ise emniyet ventilinin açma basıncı ~8.8 bar civarında olmalıdır)[31]. Basınç veya sıcaklık anormal şekilde yükselirse brülör otomatik durur; bu durumda sorunun kaynağını (arıza, termostat veya presostat ayarı, vanaların konumu vb.) tespit edin.

Su seviyesi göstergesi buhar kazanlarında sık kontrol edilmelidir – seviye alt limitin altına düşerse acilen besî suyu takviyesi yapın ve brülörü durdurun. Buhar kazanlarında ayrıca alarmlı seviye kontrol sistemleri low-low seviyede brülörü kapatıp ikaz verecektir[44]. Pompa basınç göstergeleri, yakıt basınç göstergeleri (gaz presostatı ayarı gibi) düzenli gözlemlenmelidir. Her vardiyada kazan dairesi gezilerek anormal ses, titreşim, koku veya sızıntı belirtisi olup olmadığı kontrol edilmelidir.

- **Doğru Vana ve Ekipman Kullanımı:** Operasyon sırasında vanaları kademeli ve kontrollü şekilde kullanın. Örneğin, radyatör devrelerini açıp kaparken ani akış değişimlerinden kaçınin; bu, sistemde termal şok ve su darbelerine yol açabilir. **Emniyet amaçlı vanalar** (örneğin kazan çıkış vanası) tamamen kapalı iken asla kazanı işletmeye almayın – kapalı vanalı çalıştırma, basıncın hızlıca tehlikeli seviyeye çıkmasına neden olur. Buhar hattında **kondenstop bypass** vanalarını normalde kapalı tutun, sadece bakım sırasında açın. Kondens ve blöf hatlarında işlem yaparken koruyucu eldiven ve yüz siperi kullanın (yüksek sıcaklık tehlikesi!). **Blöf (dip suyu boşaltma) işlemi** buhar kazanlarında önemli bir rutin olup düşük kapasitede, uygun aralıklarla yapılmalıdır. Blöf vanasını kısa süreli ve ani açıp kapatarak tortulu suyu tabandan atın; asla uzun süreli açık bırakmayın, aksi halde fazla su kaybedip seviye düşürebilirsiniz.
- **Aşırı Isınma ve Acil Durumlar:** Herhangi bir sebeple kazan veya sistem sıcaklığı kontrol dışı yükselirse (örneğin sıcak su kazanında 100°C'ye yaklaştıysa), paniğe kapılmadan yakıt girişini kesin ve brülörü durdurun. **Kesinlikle aşırı ısınmış kazana soğuk su basmaya kalkışmayın** – bu çok tehlikeli bir durum olup, termal şoka ve patlamaya yol açabilir[45]. Üretici talimatlarında belirtildiği gibi, örneğin katı yakıtlı kazan aşırı ısındıysa, yapmanız gereken brülörü/damperi kapatıp yanmakta olan yakıtı çıkararak kazanın kendi kendine soğumasını beklemektir[46]. Su buharı kazanlarında aşırı basınç durumunda emniyet ventilleri açılarak buharı tahliye edecektir; ancak ventillerin açmasına mahal vermeden presostat ayarlarının doğru yapıldığından emin olun. Bir acil durumda (ör. gaz kaçağı tespiti, yangın riski veya su seviyesi kaybı) **acil durdurma** düğmesine basarak kazanı ve brülörü derhal kapatın, yakıt vanalarını kapatın ve tesisatı emniyete alın. Ardından yetkili personel gelene kadar ortamı terk edip güvenli bir mesafede bekleyin. Kazan dairesinde her zaman uygun tipte **yangın söndürücüler** bulundurun (özellikle yakıt tipine uygun ABC tozlu veya CO₂li tüpler). Yakıt sızıntısı, gaz kaçağı durumlarında ortamı havalandırın, ateş kaynağı oluşturmamaya özen gösterin.
- **Verimli ve Dikkatli İşletme:** Kazanın mümkün mertebe tasarım kapasitesine yakın ve sabit yükte çalıştırılması verimi artırır. Sık sık dur-kalk yapmak (brülörün sürekli devreye girip çıkması) hem yakıt sarfiyatını artırır hem de ekipman yıpranmasını hızlandırır. Bu nedenle iyi bir otomasyon sistemi ile kapasite ayarlarını yapmak (örneğin iki kademe veya modülasyonlu brülör kullanımı) önerilir. **Yakıt hava karışımı** düzenli olarak kontrol edilmeli, baca gazı analiziyle CO₂, O₂ ve CO değerlerine bakılmalıdır. Eksik yanma belirtisi varsa (yüksek CO gibi) brülör hava

klapesi ve meme ayarları derhal düzeltilmelidir[42]. Baca gazı sıcaklığının çok yükselmesi, kazan borularında kurum biriktiğine veya ekonomizer verimsizliğine işaret edebilir; bu durumda bakım yaparak baca gazı sıcaklığını düşürmek yakıt tasarrufu sağlar. Isıtma sistemlerinde, ihtiyaç olmayan zamanlarda kazan sıcaklık set değerini düşürmek veya gece moduna almak da yakıt tüketimini azaltır. Örneğin, dış hava kompanzasyonlu kontrol sistemleri sayesinde gece veya dışarısı sıcak iken kazan suyu sıcaklığı otomatik düşürülerek gereksiz yakıt yakılması önlenir.

- **Eğitimli Personel ve Talimatlara Uyma:** Kazan dairesini işletecek personelin eğitimli ve ehliyetli olması zorunludur. Türkiye’de kazan operatörlerinin (ateşçi) sertifikalı olması ve belgelerinin kazan dairesinde görünür bir yere asılması yasal bir şarttır[47]. Operatörler, kazan kullanma talimatına harfiyen uymalı; üretici kılavuzunda belirtilen limitlerin dışına çıkmamalıdır. Örneğin birçok kazan kılavuzu, “kazanı insanların yaşadığı kapalı ortamlara kurmayın, yaşam mahallerinde çalıştırmayın” veya “katı yakıtlı kazanları kapalı genleşme deposuyla çalıştırmayın” gibi uyarılar içerir[48] – bunlara mutlaka riayet edilmelidir. Personel değişiminde yeni gelen görevliye tüm kritik bilgiler aktarılmalı, vardiya defteri tutulmalı, yapılan işlemler kayıt altına alınmalıdır. Unutmayın ki doğru işletme, can ve mal güvenliği için esastır; küçük bir ihmal büyük kazalara yol açabileceğinden **dikkat ve disiplin** kazan işletmeciliğinin temelidir.

5. Periyodik Bakım Gereklilikleri ve Kontrol Listeleri

Kazanların ve tesisatların düzenli bakımı, sistem ömrünü uzatırken emniyetin ve verimliliğin devamlılığını sağlar. **Periyodik bakım** kapsamında günlük, haftalık, aylık ve yıllık yapılması gereken kontroller ve işlemler vardır[47]. Aşağıda tipik bir bakım planı özetlenmiştir:

- **Günlük Bakım ve Kontroller:** Her gün kazan dairesi genel temizliği yapılmalı, ekipmanlar gözle kontrol edilmelidir. Özellikle havalandırmanın çalışır durumda olduğu, fan ve menfezlerin açık olduğu kontrol edilir[49]. Kazan ve boru bağlantılarında su sızıntısı veya buhar kaçağı olup olmadığına bakılır; vana, pompa, brülör etrafında sıra dışı bir durum gözlenir ise hemen giderilir. Brülör alevi gözlenerek normal yanıp yanmadığı (alev rengi, kararlılığı) kontrol edilir. Kazan dairesindeki **havalandırma** ve aspirasyon fanları çalıştırılarak taze hava girişi sağlanır ve gerekirse ortam havalandırılır[49]. Yakıt deposu (örneğin fuel-oil tankı veya gaz hattı) basıncı/seviyesi kontrol edilir. Katı yakıtlı kazanlarda her gün yanma sonunda oluşan küller alınır; bu, ızgara altındaki kül haznesinin boşaltılması demektir. **Su yumuşatma sistemi** varsa tuz seviyesi ve rejenerasyon durumu günlük gözden geçirilir. Ayrıca kazan otomasyon panelinde arıza kodu veya uyarı olup olmadığı incelenmelidir.
- **Haftalık Bakım:** Haftada bir, kazan ve eşanjör yüzeylerinin temizliği daha detaylı yapılır. Örneğin *ateş borulu kazanlarda* duman boruları uygun bir fırça ile içeriden kurumdan arındırılır[50]. Bu işlem, ısı transfer yüzeylerinde biriken is tabakasını temizleyerek verim düşüşünü engeller. Kazan dairesi zemininde bulunan **taban**

süzgeci ve drenaj kanalları temizlenir; böylece biriken su veya tortular atılarak tıkanma önlenir[50]. Pompa ve vana milleri hafif bir makine yağı ile yağlanır, ardından greslenir (ince yağ ilk penetrasyonu sağlamak içindir, ardından yüksek sıcaklık gres yağı uygulanır)[51]. Bu sayede vanaların hareketli kısımları ve pompa yatakları rahatlar, korozyondan korunur. Emniyet ventili çıkışlarının serbest olduğu (tıkanmadığı) ve çevresinde birikinti olmadığı kontrol edilir. Yakıt brülörü haftada bir dıştan temizlenir, toz ve kirleri alınır; fan pervanesi tozlandıysa hava tutulup temizlenir.

- **Aylık Bakım:** Her ay, güvenlik ekipmanlarının ve otomasyon sisteminin çalışması test edilmelidir. Örneğin buhar kazanlarında **presostatın devre kesme ve devreye alma basınçları** kontrol edilir; ayarlar sapmışsa kalibre edilir[52]. **Emniyet ventilleri** ayda bir manual olarak kısa süreyle elle kaldırılarak (jib direği varsa) çalışıp çalışmadığı test edilebilir – ancak bu işlem uzmanlık gerektirir, çoğunlukla yıllık bakım kapsamında yapılır. Elektrik sistemi gözden geçirilir: gevşek klemens, yıpranmış kablo, sensör arızası kontrol listesine göre taranır[52]. Tüm kontrol ve alarm lambalarının panelde çalıştığı doğrulanır. Sistemdeki genleşme tankının basıncı (kapalı tipse) ölçülür, gerekirse havası tamamlanır; açık tipse seviye şamandırası kontrol edilir. Kaçak ve damlamalar için tüm boru ek yerleri, pompalar ve vanalar yeniden gözden geçirilir[53]. Gerekirse bağlantılar sıkılır veya conta değişimi planlanır.
- **Yıllık Bakım ve Muayene:** Senede bir kez, yetkili uzmanlar tarafından kapsamlı bakım ve yasal periyodik kontrol yapılması şarttır[54]. Yıllık bakımda kazan tamamen durdurularak soğutulur ve tüm suyu boşaltılır. Sonrasında kazan kapağı açılarak iç yüzeyler ayrıntılı temizlenir: **ısıtma borularının** içi ve dışı, yanma odası, duman sandığı birikimleri temizlenir. Birikmiş kireç ve tortular kimyasal veya mekanik yöntemlerle kazınarak atılır[55]. Kazanın **iç yüzeyleri** (çelik saclar, kaynak yerleri) korozyon, çatlak veya deformasyon açısından muayene edilir; gerekiyorsa tahribatsız testlerle (ör. radyografi, penetrant) kontrol yapılır[56][57]. Aşınmış veya hasarlı duman boruları, conta ve contalar yenileriyle değiştirilir. Basıncı kap olarak kazanın yasal muayenesi kapsamında hidrostatik test yapılır: Kazan su ile doldurulup çalışma basıncının genelde 1.5 katına kadar basınçlandırılır ve en az 30 dk bu basınçta sızıntı kontrolü yapılır[58]. Bu test sırasında emniyet ventilinin açma basıncı da gözlenir – işletme basıncının 1.1 katında açıp, basınç düşünce tam kapandığı doğrulanır[31]. Yıllık bakımda brülör başlığı ve enjektörleri sökülüp temizlenir, gerektiğinde memeler değiştirilir. Ateşleme elektrotları, iyonizasyon çubuğu yenilenir veya zımparalanır. **Ekonomizer** varsa boruları kurumdan arındırılır. Tüm mekanik parçalar (vana, pompa, fan motoru, damper mekanizmaları) yağlanır, gerekli ayarlar (kayış gerginlikleri, mil eksen kaçıklıkları vb.) yapılır[59][60]. Ayrıca izolasyon malzemeleri gözden geçirilir, hasar gören yalıtımlar yenilenir. Yıllık periyodik kontrolde yetkili kişi kazanı çalıştırmadan önce tüm güvenlik donanımının (seviye kontrol, presostat, termostat, emniyet ventili, manometre vb.) düzgün

çalıştığını test eder; tüm bakım işlemleri tamamlandıktan ve eksiksiz bulunduktan sonra kazan tekrar işletmeye alınır.

- **Kayıt Tutma ve Kontrol Listeleri:** Yapılan tüm bakım faaliyetleri bir **kayıt defterine** veya formlara işlenmelidir. Özellikle yasal zorunluluk gereği buhar kazanlarının günlük-haftalık kontrolleri ve periyodik bakım/muayene sonuçları kayıt altına alınarak saklanmalıdır (TS 2025 standardı gereği)[61][62]. Örnek bir kontrol listesi şu maddeleri içerebilir: “Kazan dairesi temizliği yapıldı mı? Su seviyeleri ve basınçlar normal mi? Emniyet ventili pürüzsüz çalışıyor mu? Yangın söndürücüler ve alarm sistemleri hazır mı?” vb. Bu tür listeler, personelin hiçbir adımı atlamadan bakım yapmasını kolaylaştırır. Ayrıca görülen arızalar ve yapılan düzeltici işlemler de tarihleriyle kaydedilmelidir.

Yukarıdaki bakım periyotları genel bir rehberdir. Farklı kazan tiplerinin üretici tavsiyeleri değişebilir; örneğin bazı büyük buhar kazanlarında gün aşırı dip blöfö önerilirken küçük sıcak su kazanlarında haftalık bakım yeterli olabilir. Önemli olan, **planlı önleyici bakım** anlayışıyla hareket etmek ve **ihmal edilen bakımın ciddi arızalara yol açabileceğini** unutmamaktır. Düzenli bakım yapılan kazanlar, daha yüksek verimle çalışır ve ani duruş arıza ihtimali azalır[63].

6. Enerji Verimliliği Uygulamaları ve Yaygın Arıza Örnekleri

Kazan ve tesisatlarda enerji verimliliğini artırmak, hem yakıt maliyetlerini düşürmek hem de sürdürülebilir işletme sağlamak açısından kritik bir hedef olmalıdır. Aşağıda **enerji verimliliği uygulamalarından** bazıları ve sistemlerde karşılaşılabilen **yaygın arızalar** örnekleri verilmiştir:

Enerji Verimliliği Uygulamaları:

- **Isı Geri Kazanım Sistemleri:** Kazan dairesinde atılan ısınn geri kazanılması, verim artırmada en etkili yollardan biridir. Örneğin buhar kazanlarında, sıcak baca gazları bir **ekonomizer** üzerinden geçirilerek besı suyu ön ısıtılabilir. Bu sayede, besı suyu zaten sıcak olarak kazana gıreceğı için suyun buharlaştırılması için daha az yakıt gerekir ve kazan verimi yükselir[41]. Benzer şekilde, kazanların periyodik blöf (boşaltma) sularından ve kondens tankından çıkan flaş buhardan ısı geri kazanımı yapılabilir. Gelişmiş sistemlerde blöf suyu ve flaş buhar doğrudan atmosfere atılmak yerine besı suyu tankına yönlendirilir; böylece besı suyu sıcaklığı artar ve sistemin verimi maksimize edilir[64]. Bu uygulama aynı zamanda atık flaş buharı düşük basınçlı ısıtma ihtiyaçları için de kullanarak çift katmanlı tasarruf sağlar.
- **Kondens Geri Dönüşümü:** Buhar kullanılan tesisatlarda **kondensatın** mümkün olduğunca tekrar kullanılması, enerji tasarrufunun anahtarıdır. Yoğuşarak açığa çıkan su oldukça sıcaktır ve içerdığı ısı yeniden değerlendirilebilir. Kondens suyu uygun bir sistemle (kondenstoplar + kondens tankı + pompalar) toplanıp degazör vasıtasıyla tekrar kazana beslenirse, hem suyun ısısı boşa gitmez hem de arıtılmış su tekrar kullanıldığı için su şartlandırma kimyasallarından tasarruf edilir[65]. Kapalı

kondens geri dönüşüm sistemleri, açık atmosferik tanklara göre daha az ısı kaybı yaşatır. Kondens geri kazanımıyla %10-15 civarında enerji kazancı elde etmek mümkündür; bu sayede yakıt tüketimi ve işletme maliyetleri azalır.

- **İyi İzolasyon ve Kayıp Azaltma:** Tesisattaki borular, vanalar, flanşlar ve ekipmanlar uygun şekilde yalıtılmalıdır. **Isı yalıtımı**, hem sıcak su hem de buhar hatlarında yüzey kayıplarını ciddi oranda düşürür. Örneğin yalıtımsız bir buhar borusunda oluşan ısı kaybı, iyi izoleli bir boruya kıyasla 10 kata kadar fazla olabilir. Bu nedenle, TS 825 ve ilgili izolasyon standartlarına uygun kalınlıkta camyünü, kaya yünü vb. malzemelerle borular kaplanmalı; vana ve flanşlar için sökülebilir izolasyon ceketleri kullanılmalıdır. Ayrıca kazan ceketinin izolasyonu tam olmalı, kazan kapağı etrafında sızan sıcak hava olmamalıdır. İzolasyonun iyi olması yalnızca enerji verimliliği değil, aynı zamanda personel güvenliği (yüzeyle dokunma halinde yanma riskini azaltır) için de önemlidir.
- **Yakıt ve Yanma Verimliliği İyileştirmeleri:** Brülörün düzenli bakımının yapılması ve doğru hava-yakıt oranında yakıt yakması, enerji verimliliğinin temel şartlarından biridir. Yanma verimini ölçmek için belirli aralıklarla **baca gazı analizi** yapılmalıdır. Karbonmonoksit (CO) seviyelerinin yüksek olması eksik yanmaya, oksijen (O₂) seviyesinin çok yüksek olması fazla havaya (dolayısıyla ısı kaybına) işaret eder[42]. İkisinin de istenen aralıklara çekilmesi için brülör hava klapesi ve yakıt besleme oranları ayarlanmalıdır. Modern kazanlarda **oksijen trim kontrol** gibi sistemler, yanma havasını sürekli optimize ederek her yükte yüksek verim sağlar. Ayrıca çok kademeli veya modülasyonlu brülör kullanımı, kazanın gereksiz dur-kalk yapmasını önleyerek yüksek verimde sabit çalışmasına imkân tanır. Mümkünse düşük kükürtlü ve yüksek kalorifik değerli yakıtlar tercih edilmeli; katı yakıt kullanılıyorsa yakıt nem oranının düşük olmasına dikkat edilmelidir (nemli yakıt enerjinin bir kısmını buharlaşmaya harcar, verim düşer).
- **Atık Isı Kullanımı ve Diğer Önlemler:** Kazan dairesinde sürekli çalışan ekipmanlardan (kompresör, pompa motorları vs.) açığa çıkan ısı, kazan besisi suyunu veya tesisat dönüş suyunu ısıtmak için kullanılabilir. Örneğin bacaya takılacak bir ekonomizer yoksa bile, sıcak bacadan radyant ısıyı kazan dairesi ortamına salmak yerine harici bir hava-hava eşanjörü ile taze havayı ısıtmak düşünülebilir. Bir başka uygulama, **flaş buhar tankı** kullanımıdır: Yüksek basınçlı kondens aniden atmosfere çıkarılırken flaş (ani) buhar oluşturur, bunu toplayıp düşük basınçta ısıtma işlerine yönlendirmek de ek kazanç getirir[66]. Son olarak, kazan yük profilinin iyi anlaşılması ve uygun kapasitede kazan seçilmesi de verimliliği etkiler; düşük yüklerde dev kazanları çalıştırmak yerine birden çok küçük kazanı kaskad çalıştırarak ihtiyaca göre kazan devreye almak daha verimli olabilir.

Yaygın Arızalar ve Sorun Örnekleri:

- **Su Kaçakları ve Basınç Düşüşleri:** Sıcak su tesisatlarında en sık rastlanan sorunlardan biri, sistemdeki su kaçaklarıdır. Kaçaklar, genleşme tankı membranının

patlaması, radyatör vanalarının sızdırması veya boru ek yerlerindeki contaların eskimesi gibi nedenlerle oluşabilir. Sürekli su basma ihtiyacı duyuluyorsa sistemde kaçak olma ihtimali yüksektir. Bu durum hem su kaybına hem de sisteme sürekli oksijen girişi nedeniyle korozyona yol açar. Kaçakların yerini tespit etmek için tesisat basınç testine alınmalı veya görsel inceleme yapılmalıdır. Giderilmezse, zamanla basınç düşer ve ısıtma performansı bozulur.

- **Korozyon ve Kireçlenme (Su Kalitesi Problemleri):** Besi suyu veya tesisat suyu uygun şartlandırılmamışsa, kazan ve borularda **kireç taşı** (kalsiyum karbonat) birikebilir. Bu tabaka ısı iletimini azaltarak kazan iç yüzeyinin aşırı ısınmasına ve verimin düşmesine neden olur. Aşırı kireç tabakası, kazan borularının lokal aşırı ısınıp çatlamasına bile yol açabilir. Benzer şekilde, sudaki oksijen ve karbondioksit giderilmemişse metal yüzeylerde pitting tarzı korozyonlar başlayabilir. Buhar kazanlarında oksijen korozyonu, özellikle su seviyesinin temas ettiği hatlarda görülür. Korozyon zamanla kaynak noktalarını zayıflatır, borularda sızıntılara ve en sonunda basınçlı parçalarda hasara sebep olur. Bu sorunları önlemek için su yumuşatma ve kimyasal oksijen giderimi yapılması şarttır[67][68]. Arıza olarak genellikle düşük su kesicinin sık devreye girmesi, su seviyesinin dalgalanması gibi belirtilerden anlaşılabılır.
- **Buhar Tuzakları (Kondenstop) Arızaları:** Buhar tesisatlarında enerji kaybına yol açan yaygın problemlerden biri, kondenstop arızalarıdır. Kondenstop eğer arızalı kalıp **açık** konumda takılırsa, buharı kondensle birlikte kaçıır – bu hem enerji israfı hem de buhar hattında basınç düşüklüğü demektir. Örneğin sürekli açık kalan bir termodinamik kapan, bağlı olduğu hatta buhar vermeyip tüm buharı kondensle birlikte kanalizasyona atabilir. Diğer yandan kapan **kapalı** kalırsa, kondens tahliye olamaz ve hatta birikerek **su darbesi** riskine yol açar. Su darbesi (koç darbesi), boru içinde yüksek hızla sürüklenen kondens suyunun dirseklere çarpıp ani basınç darbesi oluşturmasıdır; boruları patlatabilecek şiddette olabilir[34]. Sıcaklık dalgalanmaları ve yüksek gürültü su darbesinin habercisidir. Kapanların periyodik kontrolleri yapılarak (örneğin yüzey sıcaklığı ölçümü veya ultrasonik dinleme ile) düzgün çalışıp çalışmadıkları incelenmeli, arızalı olanlar hemen yenilenmelidir.
- **Brülör ve Yanma Sorunları:** Brülörde oluşan bir arıza, yakıtın tam yanmamasına veya kazan duruşlarına yol açabilir. Örneğin brülör memesinde tıkanma, yakıt filtresinin kirle dolması, ateşleme trafosunun arızalanması brülörün devreye girmemesine neden olan tipik sorunlardır. Sonuçta kazan istenen kapasiteyi üretemez veya sık sık emniyete geçip stop eder. Belirtileri arasında brülörün sık arıza kilidine geçmesi, atık gazda siyah duman (kurum atma) veya anormal sesler sayılabilir. Yanma havası fanının balanssız çalışması titreşim ve gürültü yapar. Çözüm olarak brülöre düzenli bakım yapılmalı, yakıt hatları ve filtreleri temiz tutulmalı, nozul ve elektrodlardaki birikintiler temizlenmelidir[69][55]. Ayrıca brülörün kapasitesi kazana uygun değilse (aşırı büyük veya küçük ise) verimli yanma sağlanamaz; bu durum da yakıt tüketimini artırır ve arızalara zemin hazırlar.

- **Pompa Arızaları:** Sirkülasyon pompası veya besisi suyu pompası arızaları, sistemin durmasına yol açabilecek kritik durumlardır. Pompanın hiç çalışmaması elektriksel bir sorun (sigorta atması, motor yanması) olabilir[70]. Örneğin buhar kazanı besisi pompası çalışmazsa, su seviyesi hızla düşerek kazanda düşük su alarmı ve brülör durması yaşanır. Pompa motoru dönüyor fakat basınç üretmiyorsa, pompa içinde kavitasyon (su yetersizliği) veya kanatçıklarda kopma olabilir. Kavitasyon genellikle degazör arızası veya pompa emişinde hava sızıntısı ile ilgilidir; pompadan gelen çakıl taşına benzer seslerle anlaşılır. Çözüm için pompa ve çevre ekipman bakımı yapılmalı: Emiş filtresi temizlenmeli, pompa mekanik salmastrası kaçınıt yapıyorsa değiştirilmelidir. **Hidrofor** sistemleri veya besisi pompalarında sık görülen bir diğer arıza, çek valfin arızalanması sonucu pompanın suyunun geriye kaçması ve pompanın sürekli kısa devre yapmasıdır. Bu durumda pompa çok sık dur-kalk yapar. Kaliteli çekvalf kullanımı ve düzenli kontrolü bu sorunu önler.
- **Emniyet Donanımı Arızaları:** En tehlikeli durumlardan biri, emniyet ventili veya seviye kontrol gibi koruyucu ekipmanların çalışmamasıdır. Örneğin, emniyet ventilinin korozyon ya da tortu nedeniyle yapışıp **açılmaması**, kazan basıncı aşırı yükseldiğinde patlama riskine neden olur. Bu tip “sessiz arızalar”ı sadece periyodik testlerle yakalayabilirsiniz. Bu yüzden yılda en az bir kere hidrolik basınç testinde ventillerin açtığından emin olmak hayati önemdedir[71][31]. Bir başka örnek, su seviye elektrodunun kireç nedeniyle yanlış okumasıdır – su bitse bile algılamayıp brülörün yanmaya devam etmesine sebep olabilir. Bunu önlemek için düşük su seviye kesiciler düzenli aralıklarla elle test edilmeli (test düğmesine basılarak), tepki verdiği görülmelidir. Eğer herhangi bir emniyet tertibatında arıza şüphesi varsa, kazan asla o şekilde çalıştırılmamalı; derhal yedek parça ile değiştirilmelidir.
- **Kontrol Sistemleri ve Sensör Arızaları:** Modern kazan daireleri otomasyon sistemleriyle donatılmıştır. Bir sıcaklık sensörü (NTC/PT100 vb.) arızalanırsa yanlış değer okuyup brülörü devre dışı bırakabilir veya sürekli çalıştırabilir. Basınç sensörleri/draşmanları tıkanırsa, kontrol sistemi gerçek basıncı görmeyebilir. Bu tür arızalar çoğunlukla **gösterge panelinde hata kodu** olarak belirir. Örneğin E01 hatası alev algılanmadı, E02 fan arızası gibi kodlarla gösterilir. Arıza durumunda önce ilgili cihaz (sensör, transdüser vs.) bağlantıları kontrol edilir, temizlenir; olmazsa yenisiyle değiştirilir. Otomasyon kartları da yıldırım veya şebeke problemiyle bozulabilir, bu durumda uzman servis desteği gerekir. Arızaların minimize edilmesi için pano içi düzen, tozdan arındırma ve gerekirse voltaj regülatörü kullanımı iyi bir uygulamadır.

Yukarıdaki arıza örneklerine ek olarak, **tesisatın bakım eksikliği** kaynaklı verim düşüşlerini de bir çeşit arıza belirtisi olarak görmek gerekir. Örneğin uzun süre bakımı yapılmayan bir buhar kazanında ısı transfer yüzeyleri kireç ve kurumla kaplandığından, yakıt tüketimi artar ve istenen buhar üretimi sağlanamaz. Bu bir arıza değil gibi görünse de, bakım yapılmadığı için ortaya çıkan bir performans sorunudur. **Önleyici bakım** ile bu tip sorunlar ortaya çıkmadan engellenmelidir[63]. Sonuç olarak, kazan ve tesisat işletmecileri, enerji verimliliği tekniklerini uygularken bir yandan da sistematik arıza izleme ve giderme

kültürünü benimsemelidir. Küçük anormallikler erkenden tespit edilip düzeltilirse hem **enerji tasarrufu** sağlanır hem de büyük ekipman arızaları önlenmiş olur[72].

7. Emniyet ve Mevzuat Bilgileri (TS/EN Standartlarına Uygunluk)

Basınçlı sıcak su ve buhar tesisatları, yüksek potansiyel riskler barındırdığı için **emniyet kuralları ve yasal mevzuat** çerçevesinde işletilmelidir. Türkiye’de ve uluslararası alanda, kazanların imalatından işletmesine kadar çeşitli standartlar ve yönetmelikler bulunmaktadır:

- **Tasarım ve İmalat Standartları:** Endüstriyel kazanlar, malzeme kalınlığı, basınç dayanımı, test prosedürleri gibi konularda belirlenmiş standartlara uygun imal edilmelidir. Örneğin **silindirik (alev borulu) kazanlar** için TS EN 12953 serisi standartlar geçerlidir. TS EN 12953-1 genel tanımlar verirken, devamındaki bölümler kazan malzemeleri, tasarım hesapları, imalat ve kaynak kalitesi, donanım özellikleri, emniyet tertibatları vb. teknik detayları içerir[73][74]. Benzer şekilde **su borulu kazanlar** TS EN 12952 standart serisine tabidir ve su borulu yüksek basınç kazanların tasarım, imalat ve emniyet gerekliliklerini düzenler[75]. Küçük ölçekli sıcak su (kalorifer) kazanları için TS EN 303 serisi standartlar bulunur: örneğin gaz yakıtlı kazanlar TS EN 303-3, katı yakıtlı kazanlar TS EN 303-5 standardına göre üretilir[76][16]. Bu standartlar, Avrupa normlarının Türkiye uyarlamaları olup, eski TS 2192 gibi ulusal standartların yerine geçmiştir[77]. Standartlara uygun üretilmiş bir kazan, CE işareti taşır ve ilgili basınçlı ekipman yönetmeliğine (97/23/AT – PED, Türkiye’de **Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği**) uygunluğunu gösterir. Ayrıca, imalat sonrası her kazan için bir “Kazan El Kitabı” ve test raporları sağlanır.
- **İşletme ve Bakım Standartları:** Kazanların güvenli işletilmesi için Türkiye’de **TS 2025** standardı bulunmaktadır. *TS 2025 – Buhar Kazanları İşletme, Muayene ve Bakım Genel Kuralları*, bir kazan işletmecisinin uyması gereken temel prensipleri ortaya koyar[78]. Bu standarda göre, işletme basınçları, su kalitesi şartları, operatör nitelikleri, periyodik muayene süreleri gibi konular tanımlanır. Hatta TS 2025’de kazan suyunun kalitesine ilişkin kurallar da verilir (örneğin toplam sertlik, klorür içeriği vs. limitleri). Bunun dışında bina ısıtma sistemleri için TS EN 12170 ve TS EN 12171 standartları, ısıtma sistemlerinin işletme, bakım ve kullanıcı dokümanlarının hazırlanması ile ilgili esasları tanımlar[3]. **TS EN 12828** standardı ise binalardaki su esaslı ısıtma sistemlerinin tasarım kurallarını ve emniyet gereklerini kapsar[79]. Bu standartta örneğin genleşme kabı hesapları, emniyet ventili kapasite seçimi, maksimum sıcaklık limitleri gibi bilgiler bulunur. Keza **TS EN 14336**, 110°C’ye kadar sıcak su sistemlerinin montaj ve işletmeye alma kurallarını belirtir[2]. Bu standartlara uygun projelendirme ve işletme, yasal bir zorunluluk olmanın yanı sıra can güvenliği için de kritiktir.
- **Yasal Mevzuat ve Periyodik Kontroller:** Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı’nın yayınladığı “*İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği*”, kazanların periyodik kontrolünü zorunlu kılar. Bu yönetmeliğe göre buhar kazanları,

kalorifer kazanları gibi basınçlı kaplar en geç **yılda bir** defa yetkili kişilerce (makine mühendisleri vb.) periyodik muayeneden geçirilmelidir[54]. Standartlarda daha kısa süre öngörülmemişse 1 yıl sınırı uygulanır[80]. Periyodik kontrolde yukarıda bakım bölümünde anlatıldığı gibi hidrostatik test, emniyet ekipmanları kontrolü, otomatik durdurucuların testi vb. yapılır. Kontrol sonucunda “Periyodik Kontrol Raporu” düzenlenir ve kazan dairesinde saklanır. Bu raporda kusur ve tavsiyeler belirtilir; tehlikeli bir durum varsa giderilene dek kazanın kullanılmaması gerekir. Ayrıca işletmeler, **Basınçlı Kaplar Fenni Muayene Defteri** tutarak yapılan muayeneleri kayıt altına almalıdır.

- **Kazan Dairesi Kurulum Kuralları:** İlgili mevzuat ve standartlar, kazan dairelerinin yerleşimi ve donanımı için de şartlar koyar. Örneğin **Binaların Yangından Korunması Yönetmeliği**, büyük kazan dairelerinin ayrı bir yangın güvenlik holü veya bölümü olmasını ve doğrudan dışarı açılan en az iki kapısının bulunmasını şart koşar. Kazan dairesinde tavana yakın sürekli havalandırma menfezleri (gaz kaçağında gazın çıkışı için) ve zemine yakın menfezler (sıvı yakıt buharları için) olmalıdır. **Kazan dairesinin havalandırması** sürekli ve yeterli kapasitede yapılmalı, içeride patlayıcı gaz birikimi önlenmelidir[81]. Elektrik tesisatı ex-proof (patlamaya karşı güvenli) olmalıdır. Aydınlatma için asgari lüks değerleri TS 12464 standardına göre sağlanır; örneğin kazan dairesi için ~100-150 lüks aydınlık seviyesi önerilir[82]. Kazanlarla duvarlar arasında en az 1 m bakım mesafesi bırakılmalı; kazanların önünde temizleme ve tüp çekme işlemleri için yeterli alan olmalıdır[83]. Kazan dairesinde **yangın söndürme cihazları** (taşınabilir söndürücüler) yeterli sayıda bulundurulmalı ve erişilebilir olmalıdır[84][85]. Yakıt tankları için ayrıca güvenlik mesafeleri ve sızdırmaz hazneler bulunmalıdır. Doğalgazla çalışan kazan dairelerinde, **gaz alarm detektörleri** (metan/LPG için) takılmalı ve alarm durumunda gaz solenoid vanasını kapatan sistem kurulmalıdır[81].
- **Operatör Yeterlilikleri ve İş Güvenliği:** Yasal olarak, buhar veya kalorifer kazanlarını yalnızca ilgili ehliyete sahip operatörler çalıştırabilir. “*Kazancı belgesi*” olarak da bilinen bu belge, Milli Eğitim Bakanlığı onaylı kurslar sonucu verilir. İşletme sahibi, kazan operatörlerinin sertifikalarını ve eğitim kayıtlarını muhafaza etmelidir. Ayrıca her kazan dairesinde, içinde o kazanla ilgili kullanım talimatlarının, acil durum prosedürlerinin asılı olduğu bir pano bulunmalıdır[62]. Bu talimatnamede güvenli çalışma basıncı/sıcaklığı, yapılacak günlük kontroller, acil durumda yapılacaklar, yetkili servis iletişim bilgileri gibi hayati bilgiler yer alır. **Kişisel koruyucu donanımlar** (KKD) kullanımı da iş güvenliği mevzuatı gereğidir: Kazan dairesine giren personel için koruyucu baret, eldiven, kulaklık (gürültü varsa) ve gerektiğinde yüz siperi, yanmaz elbise gibi ekipman sağlanmalıdır.
- **Çevre ve Emisyon Mevzuatı:** Kazanlar, yanma sonucu emisyonlar yaydığından çevre mevzuatına da tabidir. Özellikle büyük endüstriyel kazanlar için *Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği* sınır değerler belirler. CO, NO_x, SO₂ gibi gazlar için baca gazı emisyon ölçümleri periyodik yapılmalıdır. Düşük NO_x’li

brülör kullanımı teşvik edilir. Ayrıca kazanların atık sularının (blöf suyu gibi) arıtılması veya nötrlenmesi de gerekebilir.

Özetle, kazan ve basınçlı tesisat işletmeciliğinde **emniyet kültürü ve mevzuata uyum** vazgeçilmezdir. Standartlar, en iyi uygulamaları ve sınır değerleri tanımlayarak güvenli bir çerçeve sunar. Bu çerçeveye uygun hareket eden tesisler, kazaları ve aksaklıkları en aza indirir. Her zaman güncel standartlar takip edilmeli (örneğin AB standartları güncellendikçe TS EN versiyonları da güncellenmektedir), yeni çıkan yönetmeliklere uyum sağlanmalıdır. Son olarak, düzenli eğitim ve denetimlerle personelin bilinç düzeyi yüksek tutulmalı; **“önce emniyet”** prensibinin tüm operasyonlarda güdülmesi sağlanmalıdır. Unutulmamalıdır ki, **bakımlı bir kazan ve bilinçli bir işletme, güvenli ve verimli bir çalışma ortamı** demektir[71][47].

Kaynaklar:

1. Cafer Ünlü, “Buhar ve Buhar Tesisatı,” TTMD Eğitim Yayını[86][10]
2. Ekotek Kazan, “Kızgın Su Kazanı – Çalışma Prensibi,” Ürün Tanıtım Yazısı[17]
3. Hisarmak, “Buhar Kazanı: Çeşitleri ve Çalışma Prensibi,” Teknik Bilgi[19]
4. İstanbul Gaz Müh., “Buhar Tesisatı: Temel Bilgiler,” Web Makalesi[87][32]
5. Raadman Burner, “Buhar Kazanı İçin Kapsamlı Rehber,” Blog Yazısı[29][35]
6. Yunus Makina, “Sıcak Su Kazanı Kullanım Kılavuzu,” (Kullanım Uyarıları)[45]
7. AND Belgelendirme, “Buhar Kazanı Periyodik Kontrolü” (Web Bilgilendirme)[88][54]
8. Başkent İSG, “Kazanların Periyodik Bakımları,” Blog Yazısı[50][52]
9. Mega Kazan, “Buhar Kazanlarının Bakımı: Uzun Ömür İpuçları,” Blog Yazısı[42][68]
10. T.C. ÇSGB, “Basınçlı Ekipmanlarda Güvenli Çalışma (Uzmanlık Tezi),” Mehmet S. Akpolat[89][3]

[1] [14] [15] Sıcak Su Kazanına Giriş | Raadman

<https://raadmanburner.com/tr/blog/hot-water-boiler/>

[2] [3] [16] [73] [74] [75] [76] [77] [78] [79] [89] Uzmanlık Tezi

<https://www.csgeb.gov.tr/Media/j4zpt5my/mehmetsalihakpolat.pdf>

[4] [5] [6] [17] [18] Kızgın Su Kazanı, Çeşitleri, Çalışma Prensibi ve Fiyatları

<https://www.ekotekkazan.com.tr/kizgin-su-kazani>

[7] [8] [9] [10] [33] [34] [64] [86] iskav.org.tr

<https://www.iskav.org.tr/bilgi-bankasi/buhar-ve-buhar-tesisati-ttmd-1.pdf>

[11] [12] [21] [22] [23] [24] [27] [29] [35] [36] [37] [38] [41] [44] Buhar Kazanı İçin Kapsamlı Rehber

<https://raadmanburner.com/tr/blog/steam-boiler/>

[13] [28] [32] [87] Buhar Tesisatı : Temel Bilgiler ve Uygulamalar

<https://www.istanbulgazmuhendislik.com/buhar-tesisati.html>

[19] [20] Buhar Kazanı | Çeşitleri ve Çalışma Prensibi

<https://hisarmak.com.tr/tr/buhar-kazanlari/>

[25] [26] Buhar Tesisatı ve Buhar Kazanları - Tesisat

<https://www.tesisat.org/buhar-tesisati-buhar-kazanlari.html>

[30] [39] [40] [47] [49] [50] [51] [52] [53] [71] [82] [83] [84] KAZANLARIN PERİYODİK BAKIMLARI - Başkent Sağlık

<https://www.baskentsaglik.com.tr/kazanlarin-periyodik-bakimlari/>

[31] [54] [58] [62] [81] [85] [88] AND Belgelendirme - Buhar Kazanı Periyodik Kontrolü

<https://andbelgelendirme.com/buhar-kazani-periyodik-kontrolu/>

[42] [55] [56] [57] [59] [60] [67] [68] [69] [72] Buhar Kazanlarının Bakımı: Uzun Ömür İçin İpuçları | Mega Kazan

<https://megakazan.com.tr/blog/Buhar-Kazanlar%C4%B1n%C4%B1n-Bak%C4%B1m%C4%B1-Uzun-%C3%96m%C3%BCr-%C4%B0%C3%A7in-%C4%B0pu%C3%A7lar%C4%B1>

[43] [45] [46] [48] yunusmakina.com.tr

https://www.yunusmakina.com.tr/files/catalogues/sicak_su_kazani_kullanım_kilavuzu.pdf

[61] KBSB Cevat Akkaya Ts 2025 Buhar Kazanı Isl - Muayene Standardi

<https://www.scribd.com/document/868057830/Kbsb-Cevat-Akkaya-Ts-2025-Buhar-Kazani-Isl-muayene-Standardi>

[63] Buhar Kazanı Bakımı Yapılmazsa Ne Olur? - Nice Mekanik

<https://www.nicemekanik.com/2023/11/05/buhar-kazani-bakimi-yapilmazsa-ne-olur/>

[65] degazor ve kondens tankları - ÖZMAKSAN

<https://www.ozmaksan.com.tr/urunler/1007/depolama-tanklar%C4%B1-ve-bas%C4%B1n%C3%A7l%C4%B1-kaplar/1028/degazor-ve-kondens-tanklar%C4%B1.aspx>

[66] Flaş Buhar Tankı - Tsb Energy

<https://tsbenergy.com/flas-buhar-tanki>

[70] Kazan besi suyu pompalarında sık karşılaşılan arızalar ve çözümleri

<https://itimatkazan.com/kazan-besi-suyu-pompalarinda-sik-karsilasilan-arizalar-ve-cozumleri-b-587>

[80] Basınçlı ekipmanlar, Kazanlar, hidroforlar | szutest.com.tr

<https://www.szutest.com.tr/periodik-muayene/basincli-ekipmanlar/>

